

TECHBRIEF

Critical Cleaning for 3D Printing in
the Life Sciences

생명공학 3D 프린팅의
크리티컬 클리닝

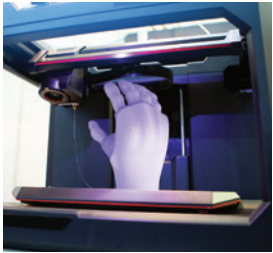
alconoox.com

samboi.kr

알코낙스한국독점파트너

삼보교역상사

3차원(3D) 프린팅 기술은 단순한 부품뿐만 아니라 복잡한 기하학적 구조를 가진 부품을 만드는 데에도 활용될 수 있습니다. 이러한 3D 물체는 다양한 고분자 및 금속 기질로 구성된 재료의 연속적인 적층을 통해 생성됩니다. 적층 제조(additive manufacturing)라고도 하는 3D 프린팅은 쉽게 자동화되어 상업적으로 대량 제품을 생산할 수 있습니다. 3D 프린팅 기술이 발전하면서 생명과학, 헬스케어, 의료 등 다양한 산업 전반에 걸쳐 사용이 급증하고 있습니다. 이 TechBrief에서는 압출 플라스틱, 감광성 기판, 금속 및 금속 합금과 같은 산업 전반에 걸쳐 3D 인쇄 공정에서 사용되는 광범위한 단단한 표면의 크리티컬 클리닝(critical cleaning)에 초점을 맞춥니다. Critical Cleaning이라는 용어는 세척 수준이 최종 제품의 가치에 직접 영향을 미치거나 제조 효율성을 크게 높이는 물리적 환경을 의미합니다.



재료의 폭넓은 다양성 Wide Variety of Materials

사용되는 3D 프린팅 프로세스 및 프린터, 그리고 생산할 부품 설계 및 기능에 따라서 각각의 3D 프린팅 애플리케이션에 선호되는 레진 및 재료는 다릅니다. 적용 시 재료는 투명 또는 착색성, 강성 또는 유연성 및/또는 견고성 및 내구성 또는 부드러움이 요구될 수 있습니다. 또한 재료는 의료 및 치과 용도에 사용할 수 있는 품질 요건에 필요할 수도 있습니다. 따라서 수지의 생물학적 적합성(biocompatibility), 독성(toxicity), 생분해성(biodegradability) 및 기타 요인을 고려해야 합니다. 세부적인 화학적, 피로, 충격, 열, 자외선 및 물저항성 등의 특성을 갖는 순수한 또는 복합적 재료를 선택할 수 있습니다. 용해성, 탄력성, 유연성, 강성 및 연질인 재료도 있습니다.

특정 용도 및 인쇄 방식을 위한 재료 선택

Material Selection for Specific Applications and Printing Approaches

적층 제조(additive manufacturing)는 2015년에 ISO/ASTM 52900 standard에서 ①재료압출(extrusion), ②수조경화(vat polymerization), ③분말용접(powder bed fusion), ④재료분사(material jetting), ⑤접착제분사(binder jetting), ⑥방향성에너지침착(direct energy deposition) 및 ⑦판재 적층(sheet lamination) 등 서로 다른 3D 인쇄 공정을 7가지 범주로 분류하여 정의한 용어입니다. 7가지 범주 자체에는 여러 가지 다른 3D 프린팅 기술이 포함됩니다.

3D 프린팅 공정의 선택은 프린터 비용과 능력, 공정 속도, 생산된 부품의 품질, 그리고 방법의 실질적인 구현에 따라 결정됩니다. 가장 중요한 것은 제품의 속성이 최종 사용자의 기대에 부합해야 한다는 것입니다.

재료의 선택은 인쇄 공정의 유형, 프린터의 기능 및 제조되는 부품의 특성(예: 복잡성, 기능성, 색상, 질감, 외관 등)에 따라 달라집니다. 또한 특정 필라멘트(filaments)는 다른 필라멘트보다 작업하기가 더 어렵고 더 많은 실험이 필요할 수 있습니다. 필라멘트의 품질은 또한 중요합니다. 낮은 등급인 재료의 화학적 오염물질이 프린터 노즐을 막아서 인쇄물의 품질이 낮아질 수 있기 때문입니다.

3D 프린팅 재료를 선택할 때, 첫 번째 단계는 인쇄할 부품의 성능 요구 사항을 정의하는 것입니다. 이러한 요구사항은 적절한 재료 특성으로 해석될 수 있습니다. 플라스틱 필라멘트를 예로 들면, 인장강도(include tensile strength), 굴곡탄성률(flexural modulus, 재료의 구부러지는 경향), 연신(elongation, 인장실험시 재료가 늘어나는 비율), 충격강도(impact strength), 경도(hardness), 크리프(creep), 압축변형(compression set) 등이 있습니다. 결합된 재료인 경우에는 종종 한두 가지 최적의 선택만 가리킵니다.

의료 및 제약 관련 애플리케이션

Healthcare and Pharmaceutical Applications

의료 및 의료 기기 Healthcare & Medical Device

의료 분야에서는 다양한 응용 분야에서 3D 프린팅 사용이 확대되었습니다. 한동안 3D 프린팅은 보청기뿐만 아니라 맞춤형 보철물, 치과 및 정형외과 임플란트 생산에 활용되었습니다. 사람들은 더 이상 몇달 동안 필요한 보철물을 기다릴 필요가 없으며, 특히 보철물을 기다리는 동안 성장하는 어린이들의 문제를 해결할 수 있게 되었습니다.

또한 3D 프린팅된 임플란트는 상당히 보편적입니다. 예를 들어, GE Addition에 의해 생산된 100,000개 이상의 고관절 치환기(hip replacements)가 이 기술을 사용했습니다. 치과용 임플란트 외에도 클리어 얼라이너(투명교정, clear aligner)용 금형은 전 세계에서 3D 인쇄를 통해 가장 많이 생산되는 제품 중 하나입니다. 게다가, 지난 20년 동안 생산된 대부분의 보청기 또한 적층 제조를 사용하여 만들어졌고, 3D 프린팅된 환자 장치의 모델은 복잡한 수술을 수행하기 전에 외과의사들에 의해 연습용으로도 사용됩니다.



제약회사 Pharmaceutical



의약품 개발과 제조도 3D 프린팅 기술의 도입에 의해 영향을 받을 수 있습니다. 필요에 따라 개인화된 3D 프린팅 의약품 제품을 생산할 수 있는 능력은 preclinical 임상전단계, 인간 대상의 최초 임상 연구 및 후기 단계 임상 시험을 위한 다양한 투약 형태에 대한 신속한 접근을 제공함으로써 약물 개발을 가속화할 수 있습니다. 또한 극적으로 간소화된 맞춤형 제조를 통해 환자들이 고도로 개인화된 의약품을 이용할 수 있도록 할 것이며, 이는 현재에서는 간단하게 가능케 할 수 있는 접근법은 아니기도 합니다.

예를 들어 초기 임상 시험에서, 각기 다른 보장된 API 로딩 및 약물방출(release kinetics)을 가진 각기 다른 조성의 제품을 신속하게 3D 프린팅하는 능력을 통해 용량 증가 연구(dose-escalating studies)를 가속화할 수 있습니다. 마찬가지로, 일단 약물이 승인되면, 3D 프린팅은 각기 다른 환자들을 위해 약품을 개별화하고, 변화하는 환자의 필요에 따라서 다양한 용량의 약물로 그 제품들을 조정할 수 있게 할 것입니다.

실제로 3D 프린팅 제약 정제(tablets)는 용해성(solubility)과 생물학적 가용성(bioavailability)이 향상된 의약품 생산에 점점 더 많이 사용되는 잘 확립된 핫멜트 압출(HME, hot-melt extrusion) 기술을 활용할 수 있어 매력적입니다. 생성된 과립을 캡슐을 채우기 위해 정제나 펠릿으로 압축하는 대신, 3D 프린터에서 사용할 수 있도록 특정 API 로딩 및/또는 부형제(excipient)를 포함하는 필라멘트(filament) 형태로 바꿀 수 있습니다.

MilliporeSigma는 3D 프린팅 기술로 용융물 증착(melt drop deposition)을 활용하는 훨씬 더 효율적인 접근 방식을 모색하고 있습니다. 이 방법은 필라멘트를 만들 필요 없이 HME 과립을 직접 사용할 수 있습니다.

지금까지 3D 프린팅된 약품 중 하나인 Spritam (levetiracetam, Aprelia Pharmaceuticals)은 FDA 승인을 받았으며, 두 번째 약품인 T19(Triastek)는 2021년 2월에 Investigational New Drug (IND) 적용에 대한 FDA 승인을 받았습니다.

주요 제약사 및 신진 제약사에서 진행 중인 작업은 주로 더욱 3D 프린팅의 제형 최적화를 강화하기 위해, 인공지능(AI)부터 제형 자동화와 같은 다른 진보된 디지털 솔루션을 적층제조와 결합하는 데 더욱 집중하고 있습니다. 초기 적용은 소규모 환자 집단을 대상으로 하는 적은 양의 치료제일 가능성이 높지만, 적층 제조의 확장 가능한 특성을 감안할 때, 테블렛화된 의약품의 분산 생산, 심지어 클리닉이나 가정의 주문에 따른 주문형 생산(on-demand production)에 사용될 가능성도 있습니다.

또한 3D printing technology of biological materials 에서과 같이 생물학적 재료(예, cells, media, nutrients, cytokines)의 3D 프린팅 기술이 빠르게 발전하고 있으며, 조직공학(tissue engineering)에서 약물발견(drug discovery) 및 질병진단(disease diagnosis)에 이르는 응용분야가 있다는 점도 주목할 필요가 있습니다.

좀 더 구체적으로 바이오프린팅(bioprinting)은 장기기증 필요성을 줄일 수 있는 대체 장기(replacement organs)의 생산 가능성, 환자를 위한 약물 개발 및 질병 진단에서 약물 스크리닝(drug screening)을 위해 사용되는 동물을 대체하여 사용할 수 있는 장기 모델(organ models) 프린팅 가능성을 연구하고 있습니다. 이 기술은 또한 육류 생산을 위한 대체 수단으로도 연구되고 있습니다.

세척 요구 사항에 대한 방법 및 재료의 영향 Method and Material Impacts on Cleaning Requirements

3D 프린팅에 사용되는 각 재료에는 고유한 힘과 한계가 있으며, 많은 재료는 프린팅을 완료하기 위해 인쇄 후-처리 단계를 필요로 합니다. 또한 다수의 3D 프린터의 부분이 유사하고 세척 요건이 유사하지만, 각각의 3D 프린팅 방법에는 각기 고유한 크리티컬 클리닝 요구사항이 있습니다. Alconox 사는 3D 프린팅이 완성된 후에, 인쇄물을 최대한 깨끗하게 하고 3D 프린터를 청결하게 하여 최상의 성능을 유지할 수 있는 솔루션을 제공합니다.

재료 Materials

ABS(acrylonitrile butadiene styrene), PLA(polylactic acid), nylon과 같은 압출 플라스틱(extruded plastics)은 산업환경 뿐만 아니라 가정용 프린터에서도 가장 일반적으로 사용되는 재료입니다. 접착성 잔류물, 적은 양의 재료 점착물, 끈 및 여차 먼지 및 오물 등을 제거하기 위해서 부드럽고 프리리싱(free-rinsing)기능이 있는 알칼리성 세척제를 1% ~ 2%로 희석한 세척액으로 문질러 세척하거나 침지하여 세척한다면, 프린팅 후 또는 서포트 제거 후에 프린터를 크리티컬한 수준으로 청결하게 관리할 수 있습니다. 입자를 제거하기 위해 샌딩(sanding)을 한 후의 표면에 남은 입자를 제거하기 위한 공정으로 세척공정을 하는 것도 추천할 수 있습니다. 일부 플라스틱은 수성세척제와 열에 민감할 수 있으므로, 호환성이 확인될 때까지 세척온도는 미지근한 온도를 선택하는 것이 좋습니다.

감광성 레진(photosensitive resin)를 사용하는 두가지 각각의 경화공정(curing process) 후에는 여분의 액체 레진을 인쇄물에서 제거해야 합니다. 세척은 수성용액 또는 용매조(solvent bath), 또는 종종 이소프로필 알코올(IPA, isopropyl alcohol)을 통해서 합니다. 그러나 IPA와 같은 용제를 사용하는 데는 가연성 및 폐기물 문제, 비용 및 단일 솔벤트를 기반으로한 세척

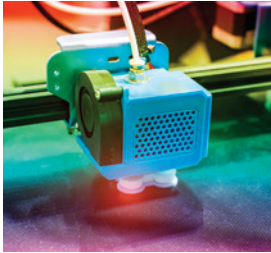


매커니즘으로 인한 효과와 같은 여러 가지 문제가 수반됩니다. 반면, 1% ~ 2%의 약한 알칼리성 수성세척제를 이용한 희석세척액은 인쇄물을 손상시키지 않고 위험한 폐기물 발생이나 인화성 문제 없이 대부분의 액체 레진을 제거할 수 있습니다.

금속 및 금속 합금 기반 3D 프린팅 인쇄물은 분말층에서 생성되며, 종종 적층한 분말층에서 끌어낼 때 인쇄물의 표면에 부착됩니다. 약간의 교반(agitation)을 수반한 수성세척액 탱크를 이용하면 이 층을 제거하는 데 큰 도움이 됩니다. 금속의 경우 부식을 피하는 것이 중요하므로, 호환성 있는 세척제를 선택하고, 반응성 금속(reactive metal)의 경우에는 행금물을 신속하게 제거하는 것이 필수적입니다.

용해 가능한 서포트(dissolvable support)는 보기 흉한 자국을 남기지 않고 복잡한 인쇄물을 지탱하는 데 사용되는데, 용해가능한 서포트를 제거할 때에는 물 또는 다른 용매(solvent)를 사용합니다. 인쇄된 부품/서포트 어셈블리 전체를 희석세척액을 채운 수조에 담그면, 인쇄물에 남아 있을 수 있는 이러한 서포트 및 용해된 물질 등의 잔류물을 제거하는 데 도움이 될 수 있습니다.

프린터 Printers



3D 프린터의 프린터 베드(printer bed)는 일반적으로 폴리에테르이미드(PEI, polyetherimide) 시트, 유리 또는 접착 테이프(non-heated bed에 사용되므로)로 구성됩니다. 정기적으로 세척하면 결함이 발생할 가능성을 최소화할 수 있습니다.

프린터 베드의 청소는 모든 유형의 프린터에 대하여 유사합니다. Glass bed 및 PEI sheet 베드는 IPA 또는 아세톤과 같은 다른 솔벤트를 이용하여 청소할 수 있습니다. 아세톤(acetone)은 IPA와 마찬가지로 단일 용매 기반 세척 매커니즘으로 인한 인화성 및 폐기물 우려, 비용 및 효과 등의 동일한 문제를 가지도 있습니다. 순한 알칼리성 수성 세척제가 더욱 안전하고 효과적인 선택입니다.

베드에 남아있는 접착물은 먼저 씻은 후에 부드럽게 긁어내어 합니다. 그런 다음 베드를 희석 세척액으로 세척하면 잔류물을 제거할 수 있습니다. 많이 사용한 오래된 PEI 시트는 fine-grit (1,500+) sandpaper로 샌딩하는 것도 도움이 될 수 있습니다. 접착테이프를 붙인 베드는 테이프로 인한 파손이 발생하기 쉽기 때문에 세척이 가장 까다롭습니다. 스패툴라(spatula)와 같은 도구로 긁어내는 것이 매우 효과적입니다. 또한 이러한 공정은 작은 입자를 발생시키는데, 이 잔류물은 부드러운 알칼리성 수성 세척제를 이용하여 효과적으로 제거할 수 있습니다.

수조경화프린터(vat polymerization printer)의 경우, 세척이 필요한 주요 구성 요소는 light-emitting/focusing system(발광/초점 시스템)과 resin vat(레진 수조)입니다. 레이저 이미터(laser emitter 및/또는 미러(mirror) 세척은 깨끗한 천과 약간의 부드러운 알칼리성 희석세척액을 이용하여 수행할 수 있으며, 세척 후에는 가볍게 행금을 수행하여 먼지 또는 잔류물이 남아있는지 여부를 확인할 수 있습니다. 레진 타입을 변경할 때는, 레진 간 혼합되는 문제와 재료의 교차 오염을 예방할 수 있도록 레진수조(resin vat)를 철저히 세척해야 합니다.

파우더 베드 프린터(powder-bed printer)의 경우, 프린트 헤드 또는 레이저 시스템과 파우더 베드 자체를 청결하게 유지하는 것이 중요합니다. 인쇄 헤드를 청소하는 것은 결합제(binding agent) 또는 염료(dye)를 적절하게 점착하는 데 중요합니다. 장애물이 프린터 헤드에 있는지 여부는 검사하고 딱딱한 브러시와 부드러운 알칼리성 세척제로 부드럽게 세척하는 것이 좋습니다. 새 제품과 남은 분말이 섞여 교차 오염을 초래하는 것은 바람직하지 않기 때문에 일반적으로 분말층을 청소하는 것은 재료 교환 시에만 문제가 됩니다. 재료를 교체할 경우에만 파우더 베드(powder bed)를 완전히 세척하는 문제를 고민합니다. 남아있는 파우더 잔류물이 새로운 파우더와 혼합되어 교차오염되는 것은 바람직하지 않기 때문입니다.

프린터 노즐 Printer Nozzles



압출을 통해 작동하는 Fused deposition modeling printer도 막힘을 방지하기 위해 압출기 노즐(extruder nozzle)을 청소해야 합니다. 노즐의 외관부는 아직 뜨거운 상태에서 필요하다면 세척액에 적신 천을 사용하여 세척할 수 있습니다. 이러한 세척으로 충분하지 않다면, 와이어 브러시, 작은 칼날 또는 바늘 등을 사용할 수 있습니다.

노즐 오작동 및 막힘을 방지하기 위해, 노즐 끝부분과 가열부 주변이 깨끗한지 확인해야 합니다.

노즐이 막히는 경우 증상은 다음과 같습니다.

- 필라멘트가 균일하게 압출되지 않는 경우
- 노즐에서 매우 가늘게 필라멘트가 압출되는 경우
- 노즐에서 아무것도 나오지 않는 경우

세척을 하기 전, 2%로 희석한 부드러운 알칼리성 희석세척액, 토치(torch), 그리고 아주 가는 철사를 준비합니다. 막힌 압출 노즐은 다음의 방법으로 세척합니다:

1. 분리한 노즐을 따뜻한 희석세척액에 약 15분간 담구어 외부 오염을 제거합니다. 세척 후 철저히 행금을 수행합니다. 부드러운 천으로 노즐을 청소합니다.
2. 노즐을 돌 위에 놓고 토치를 이용하여 1분 정도 태웁니다. 매우 뜨거우니 조심하세요. 가벼운 색상의 변화를 확인할 수 있습니다.
3. 매우 가는 철사를 사용하여 막힌 노즐의 구멍을 청소합니다. 철사가 통과되지 않는다면 위의 2번 절차를 반복하여 노즐을 뚫어줍니다. 철사로 강제로 구멍을 뚫지 않도록 합니다.

4. 막힘 현상이 ABS 또는 필라멘트로 인한 것이 아닌 경우에는 용해되거나 세척할 있으며, 히트건(heat gun) 또는 블로우토치(blowtorch)를 이용하여 가열하면 막힌 재료를 녹일 수도 있습니다. 노즐이 매우 뜨거워지면 가늘고 부드러운 와이어를 사용하여 노즐을 통해 구멍을 뚫을 수 있는지 여부를 확인할 수 있습니다.

서포트 재료 Support Material

수용성 서포트 재료를 세척하기 위해, 초음파 기계에 적합한 알칼리성 세척제를 사용할 수 있습니다. 3D 인쇄물 주위 및 내부의 모든 레진을 초음파 세척하기 위해서는, 2%로 희석한 **알코낙스 ALCONOX®** 분말형 정밀 세척제 또는 **디토낙스 DETONOX®** 초정밀 세척제를 따뜻한 온도 (>130°F/55°C)로 초음파 세척기를 이용하는 것을 추천합니다. 알코낙스 사의 강력한 유화능력을 지닌 세척제 희석액은 초음파 작용과 함께 효과적으로 잔류물을 제거하며, 작은 입자를 제거하는 데 가장 효과적입니다.

인산염을 함유하지 않은 대체 세척제로는, **리퀴낙스 LIQUIINX®** 크리티컬 클리닝 액체형 세척제가 최적화된 선택입니다.

위의 세가지 세척제는 모두 광범위한 고분자 3D 프린팅 기판을 세척할 수 있으며 수용성 서포트 재료를 완전히 제거하는데 적합합니다. (세척 방법, 조건, 적용방법 및 장비의 가이드라인을 사전에 확인하길 권장합니다.)

일부 민감한 플라스틱은 **응력 균열(stress cracking)**의 영향을 받기 쉬우며, 이 경우 계면활성제가 없는 세제가 필요합니다. 이러한 경우 거품이 적게 발생하는 **디토젯 DETOJET®** 액체형 세척제를 적극 권장합니다. 일반적으로 민감하거나 스트레스를 받는 플라스틱은 3D 인쇄 응용 분야에서 사용되지 않습니다.

안전성의 관점에서, 초음파 세척기에 알코올이나 아세톤과 같은 가연성 액체를 사용하는 것은 피하는 것이 좋습니다. 초음파 세척기로 인해 작은 스파크가 발생할 위험이 있으며, 이것만으로도 충분히 화재가 발생할 수 있습니다. 초음파 변환기(ultrasonic transducer)가 고장나면 그 에너지가 세척액으로 전달되며 인화성이 있는 경우 화재가 발생할 수도 있습니다.

세척 화학 Cleaning Chemistry

대부분의 3D 프린팅 관련 오물은 가벼운 기름과 미립자이기 때문에 부드러운 알칼리성 세척제가 매우 효과적입니다. 알칼리성 세척제는 기름, 레진, 추출물, 그리고 다른 일련의 오물을 포함한 유기물을 제거합니다. 유화 능력을 제공하는 미셀 형성 계면활성제(micelle-forming surfactants)를 함유한 부드러운 알칼리성 수성 세척제는 안전하고 효율적이며 효과적인 선택을 제공합니다.

Alconox 사는 실험실, 화장품, 의료기기, 식품, 생명공학 및 제약 분야에 75년 간 세척제를 적용한 경험이 있으며, 이러한 경험을 통해 다양한 잔류물과 레진을 세척한 경험이 있습니다. 이와 같은 경험을 통해 적층 제조 공정에서 발견되는 잔류물을 제거하는 데 필요한 통찰력을 얻을 수 있습니다.

제조 표면에 대량의 잔류물이 남아있는 경우, 일반적으로 세척제 농도를 높여야 합니다. 일반적으로 1% ~ 2% (10 ~ 20 mL/gal 또는 1.3 ~ 2.5 oz/gal)의 농도는 정규적인 세척공정에 충분한 희석농도이지만, 더 끈적하거나 더 밀도가 높은 잔류물에는 2% ~ 5% (20 ~ 50 mL/L 또는 2.5 ~ 6 oz/gal)의 농도가 필요합니다.

열은 광경화성 레진(photosensitive resin) 인쇄물을 세척하는 데 있어 중요한 변수입니다. 온도가 높을수록 연화작용을 통해 레진의 이동성이 증가되며 세척 공정에서 잔류물 제거가 가속화 됩니다. 세척할 인쇄물과 호환되는 가장 높은 온도를 사용하면 남은 레진을 효율적으로 유화할 수 있습니다.

세척 방법 Cleaning Methods

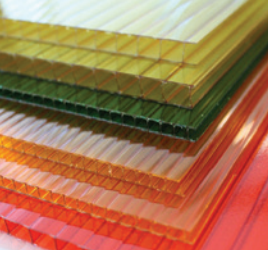
세척 방법은 일반적으로 수동세척 또는 COP (Clean out of place) 세척 그리고 자동세척으로 나눌 수 있습니다.

수동세척 및 COP세척방법은 기계적 에너지를 직접 사용하는 방법이 포함됩니다. 이 경우 거품이 많이 발생하는 세척제가 허용될 뿐만 아니라 유용한데, 이는 유화제에 가장 적합하기 때문입니다. 유화(ermulsifying)는 오일, 추출물 및 레진과 같은 유기성 오물을 제거하는데 선호되는 접근법입니다. 수동/COP 세척방법은 침지, 세척, 초음파 탱크 등의 방법이 포함됩니다.

자동세척방법에는 세척기, 고압 스프레이 및 CIP (Clean-in-place) 시스템 등의 방법이 사용됩니다. 거품이 적게 발생하는 세척제는 거품이 적게 발생하는 계면활성제를 사용하며, 이러한 조성을 통해 거품이 과다하게 발생하는 문제를 제어할 수 있습니다. 거품이 적게 발생하는 계면활성제를 보강하기 위해 보다 높은 알칼리성, 킬레이트화, 침윤제(wetting agent) 및 여타의 방법으로 능력을 보충하기 때문에 잔류물을 빠르고, 안전하고, 확실하게 제거할 수 있습니다.

수동 세척 / COP 세척제 Manual Cleaning / COP Detergents

침지, 문지르기 또는 초음파를 이용하여 입자, 레진 및 오일 잔류물을 제거하기 위해 다음의 세척제를 추천합니다.



알코낙스 ALCONOX® 분말형 정밀세척제 ALCONOX® Powdered Precision Cleaner

유기물 및 오일 잔류물을 강력하게 유화하며, 다양한 생산 관련 세척에서 수십 년 간 사용해온 대표적인 세척제입니다. 생분해성, 배수에 안전, 프리-린싱(free-rinsing) 기능 등을 지니고 있습니다. 일반적인 3D 프린팅 분야의 수동세척 및 COP세척 방법에 뛰어난 세척제입니다.

디토낙스 DETONOX® 초정밀 세척제 DETONOX® Ultimate Precision Cleaner

가장 강력한 수동세척제. 액상 농축세척제로, 복잡한 3D 인쇄 관련 잔류물을 손으로 직접 세척하거나 초음파를 사용하기에 이상적이고 안전합니다. 이 세척제는 복잡하고 접착성이 높은 레진 및 미립자를 예외적으로 제거하기 위한 비부식성 세척제입니다.

리퀴낙스 LIQUINOX® 크리티컬클리닝 액체형세척제

LIQUINOX® Critical Cleaning Liquid Detergent

알코낙스 세척제를 대체할 수 있는 무-인산염의 액체 세척제로, 수동세척 및 COP세척 방법에 적합합니다.

시트라낙스 CITRANOX® 액체형 산성 세제/세척제

CITRANOX® Liquid Acid Cleaner and Detergent

무-인산염의 산성 세제이며, 수동세척으로 산화물, 스케일, 염 및 무기성 잔류물을 제거하여 금속의 광택을 회복해주는 세척제입니다. 3D 연질 및 반응성 금속에 있는 프린팅 잔류물을 제거하는 데 효과적입니다.

위의 각 접근법은, 따뜻한 온도에서 뜨거운 온도(140°F/60°C+) 및 시작 농도 1% ~ 2%를 권장합니다. 또한 세척 후 첫번째 행굼은 세척공정에서 생성된 미셀이 열충격을 받는 것을 예방하기 위해 세척과 유사한 온도를 사용합니다.

CIP시스템 및 세척기 세척제 CIP System and Washer Detergents

세척기 및 여타 자동 고압 장비(예, CIP)를 이용한 세척은 거품이 적게 발생하는 세척제가 필요하며, 다음의 세척제를 추천합니다.

알코젯 ALCOJET® 거품이 적게 발생하는 분말형 세척제

ALCOJET® Low Foaming Powdered Detergent

내부에 분말 세척제 투입컵이 있는 세척기를 이용하여 3D 프린팅 잔류물을 제거하는 데 이상적이며, 많은 경우 사전-세척 사이클(prewash cycle)에서는 세척컵이 열리지 않고, 세척 사이클에서 세척컵이 열리며 세척제가 투입됩니다.

솔루젯 SOLUJET® 거품이 적게 발생하는 무인산염 세척제

SOLUJET® Low-Foaming Phosphate-Free Liquid

액체 세척제 투입 장치가 있는 스프레이 CIP 시스템 및 세척기를 이용하여 3D 프린팅 잔류물을 제거하는 데 적합한 거품이 적게 발생하는 액체형 농축 세척제입니다.

시트라젯 CITRAJET® 거품이 적게 발생하는 산성 세제/행굼제

CITRAJET® Low-Foam Liquid Acid Cleaner/Rinse

민감한 플라스틱 및 응력 폴리카보네이트 등의 3D 프린팅에서 잔류물을 제거하는데 사용하며, 계면활성제가 함유되어 있지 않기 때문에 응력균열을 예방할 수 있습니다.

디토젯 DETOJET® 거품이 적게 발생하는 액체형 세척제

SOLUJET® Low-Foaming Phosphate-Free Liquid

민감한 플라스틱 및 응력 폴리카보네이트 등의 3D 프린팅에서 잔류물을 제거하는데 사용하며, 계면활성제가 함유되어 있지 않기 때문에 응력균열을 예방할 수 있습니다.

1% ~ 2% (10 ~ 30 mL/L 또는 1.25 ~ 2 oz/gal)의 희석농도 및 합리적으로 가장 높은 온도를 테스트의 시작점을 삼습니다. 열은 세척을 촉진하고 농도가 높아지면 능력 또는 세제로 제거할 수 있는 오물의 양이 증가합니다. 따라서 질적인 측면에서는 잔류물이 많을 경우 높은 농도도 필요할 수 있습니다.

**3D 프린팅 관련 지원 문서인
"Critical Cleaning for
3D Printing in Precision Manufacturing"
"정밀 생산 3D 프린팅의 크리티컬 클리닝"을
추가로 참고해 주세요.**